



普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）

DIANGONG JICHU

电工基础

（第二版）

周南星 编 ●



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）

DIANGONG JICHU

电工基础

（第二版）

周南星 编

王 浩 主审



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）。本书共分 11 章，包括静电场、电路的基本知识和基本定律、直流电路、电磁和电磁感应、电容元件、单相正弦交流电路、正弦电路的相量分析法、三相正弦交流电路、非正弦周期电流电路、电路的暂态过程及磁路和铁芯线圈。本书具有简明扼要、说理清楚、通俗易懂、紧密联系实际的特点。每章均附有练习与思考、自检题和习题，部分章节附有知识窗口，书后附有部分习题答案。

本书可作为高职高专和成人大专电气专业的教学用书，也可作为有关电气工程技术人员参考用书。

图书在版编目（CIP）数据

电工基础/周南星编. —2 版. —北京：中国电力出版社，2011
普通高等教育“十二五”规划教材. 高职高专教育
ISBN 978 - 7 - 5123 - 1785 - 7

I. ①电… II. ①周… III. ①电工学—高等职业教育—教材
IV. ①TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2011）第 108216 号

中国电力出版社出版、发行

（北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>）

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2006 年 9 月第一版

2011 年 10 月第二版 2011 年 10 月北京第十二次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 17 印张 410 千字

定价 29.80 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前言

《电工基础》是电气专业的一门重要专业基础课。它的任务是为学生学习专业课程和将来从事工程技术工作打好电工技术的基础，并使他们受到必要的基本技能训练，从而为培养高素质的应用型人才特别是高技能人才作出贡献。

教材是保障和提高教学质量的支柱和基础。本着基础理论以应用为目的，以必需够用为度的原则，本书力求做到简明、清楚和易懂，能启发思考，使之成为一本好教好学的教材。

本书第一版是在电力工业学校重点教材《电工基础》（周南星主编，电力版，1999）的基础上改编的，第二版在篇幅上做了一定的削减，希望以练习与思考、自检题、讨论课为引导及时巩固和掌握基本概念和基本运算技能，以克服学生中存在的“电工难学”的感觉。

教材中某些内容是为了夯实当前职业院校学生的基础而编入的，以弥补某些基础知识的不足。教师可根据学生实际情况选用教材或由学生自学教材。

本书承蒙保定电力职业技术学院王浩老师主审，部分章节由叶荣副教授审阅，提出了宝贵的修改意见，在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平所限，错误与不妥之处望请读者不吝指正。

编者

目 录

前言

第1章 静电场	1
1-1 物质的电结构	1
1-2 库仑定律	2
1-3 电场和电场强度	3
1-4 静电感应	5
自检题	7
习题	7
第2章 电路的基本知识和基本定律	8
2-1 电路及电路图	8
2-2 电流、电压及其参考方向	10
2-3 电动势	13
2-4 欧姆定律	15
2-5 电功率和电能	16
2-6 基尔霍夫定律	19
2-7 电路中电位的计算	23
自检题	24
习题	25
第3章 直流电路	28
3-1 电阻的串联和并联	28
3-2 电阻的混联	34
3-3 $Y-\Delta$ 等效变换	37
3-4 电压源、电流源及两种电源模型的等效变换	39
3-5 支路法	44
3-6 节点法	44
3-7 叠加定理	49
3-8 等效电源定理	52
自检题	54
习题	56
课堂讨论一 电阻的串、并联和混联	61
课堂讨论二 电压源和电流源	62
第4章 电磁和电磁感应	65
4-1 磁场的基本物理量	65

4-2 全电流定律	68
4-3 电磁感应	70
4-4 电感元件	72
4-5 互感和互感电动势	74
自检题	77
习题	78
第5章 电容元件	80
5-1 电容器	80
5-2 电容器的电容	81
5-3 电容元件的充电和放电	83
5-4 电容元件的并联和串联	85
5-5 电容元件的电场储能	88
5-6 电容器的种类和特点	89
5-7 电容器的性能和标准	91
自检题	92
习题	93
第6章 单相正弦交流电路	95
6-1 正弦交流电的概念	95
6-2 有效值	99
6-3 正弦量的相量表示法	101
6-4 正弦电路中的电阻元件	107
6-5 正弦电路中的电感元件	109
6-6 正弦电路中的电容元件	114
6-7 R、L、C 串联电路	118
6-8 正弦交流电路的功率	123
6-9 功率因数的提高	129
6-10 电路的谐振	132
自检题	137
习题	140
课堂讨论三 单相正弦交流电路	144
第7章 正弦电路的相量分析法	146
7-1 基尔霍夫定律的相量形式	146
7-2 元件伏安关系的相量形式	147
7-3 复阻抗和复导纳	149
7-4 复阻抗的串联和并联	153
7-5 复功率	156
7-6 复杂正弦电路的相量分析	157
自检题	162

习题	163
第 8 章 三相正弦交流电路	165
8-1 对称三相交流电	165
8-2 三相电源绕组的连接	167
8-3 三相负荷的连接	171
8-4 对称三相电路的计算	173
8-5 不对称三相电路的计算	178
8-6 三相电路的功率	182
8-7 对称分量的概念	186
自检题	189
习题	190
课堂讨论四 三相交流电路	191
第 9 章 非正弦周期电流电路	193
9-1 非正弦交流电	193
9-2 非正弦周期量的分解	194
9-3 非正弦周期量的有效值和平均值	197
9-4 非正弦周期性电路的分析计算	198
9-5 非正弦交流电路的有功功率	201
9-6 对称三相电路中的高次谐波	202
自检题	206
习题	207
第 10 章 电路的暂态过程	209
10-1 换路定律	209
10-2 RC 电路的响应	212
10-3 三要素法	220
10-4 RL 电路的响应	222
10-5 电容对电阻、电感的放电	228
自检题	232
习题	232
第 11 章 磁路和铁芯线圈	236
11-1 铁磁物质的磁化	236
11-2 磁路及其基本定律	239
11-3 恒定磁通磁路的分析	242
11-4 交流铁芯线圈	245
自检题	253
习题	254
部分习题答案	256
参考文献	262

第1章 静电场

1-1 物质的电结构

一、物质的电结构

物质是由分子组成的,分子是保持物质原来性质的最小微粒。分子虽小,还可以分为原子。如一个水分子可以分成2个氢原子和1个氧原子,显然它们不再具有水的性质。性质相同的原子称为元素,元素是组成物质最基本的东西。自然界大约有100多种不同的元素,如氢、氧、碳、铝、硅、金、银、铜等元素。原子不同的结合构成了各种物质的分子,从而形成各种各样的物质。

原子一词源于希腊语,是“不可分割”的意思,古希腊学者认为原子是构成物质的最小微粒,不可再分。原子确实很小,20世纪初,科学家证实原子也有内部构造。现已知道,原子由原子核和绕核旋转的电子构成。电子带有最小量的电荷,称为基本电荷。原子核由中子和质子构成。中子不带电,是中性的。而质子是带电的粒子,它也带有基本电荷,但与电子所带的基本电荷性质不同,电子带负(-)的基本电荷,质子带正(+)的基本电荷。在通常情况下,原子中的电子数,恰好等于原子核中的质子数,整个原子的正、负电荷数量相等,对外不显现电性。铝原子核中有13个质子,核外有13个电子。铜原子核中有29个质子,核外有29个电子。所以一个完整的原子是中性的。

二、自由电子和离子

由于原子核对其周围的电子有着很强的吸引力,它们的连接使原子成为一个整体。但对于某些材料的原子,其外层轨道上的一些电子受原子核的吸引力较小,在受到外界影响(如受热、光照、电场作用等)时,很容易脱离原子核的束缚而在原子间漂移,这些电子称为自由电子。

一个原子失去一个电子,就减少一个负的基本电荷,而原子核中的质子数是不会改变的,因而此原子便失去电的平衡,成为带正电的粒子,称为正离子。而获得一些电子的原子,由于带多余的负电而成为负离子。

自由电子、离子的定向运动,便形成电流。

三、电荷和电荷量

物体带电,即物体荷载了电,所以电又称为电荷。物体的带电过程实际上是正、负电荷分离的过程。如果使两个带有等量异种电荷的物体相互接触,它们还会恢复到不带电的状态,这种现象叫做电(电荷)的中和。正、负电荷是物体所固有的,电荷既不能创造,不也能消灭,只能从一个物体转移到另一个物体,电荷的总量是不会改变的。这就是电荷守恒定律。

电荷的量值叫做电荷量,用字母 Q 或 q 表示。电荷量的单位名称是库[仑]^①,用符号C表示。基本电荷所带的电量是迄今为止所能测到的最小电量,记为 e 。 $e=1.602\times 10^{-19}\text{C}$,即1C为624亿亿个电子或质子所带的电荷量,电子带 $-e$,质子带 $+e$ 。

① 方括号和其中的字去掉后是简称,只去方括号而保留其中的字是全称,一般用简称。

带电体所带的总电荷量为基本电荷量的整数倍。“电荷量”可简称为“电荷”。



知 识 窗 口

【超导体】

1911年荷兰科学家翁内斯发现汞在液氮温度(4.2K, K为绝对温度, 绝对温度零度相当于 -273°C , 4.2K即 -268.8°C)的低温时, 电阻为零, 也就是说汞的电阻消失了。

以后科学家陆续发现铅、铌、铟等金属在一定的低温下, 它们的电阻也会突然消失。金属电阻完全消失的这一特殊现象称为超导电性, 而具有超导电性的金属、合金和化合物称为超导体。发生超导现象的温度叫做临界温度 T_c , 目前临界温度已提高到液氮温度(164K, 即 -109°C)以上。我国在超导研究方面一直走在世界的前列。

超导技术已迅速进入各种科技领域中, 超导磁铁应用于磁流体发电技术中, 可以大大提高火电厂的热效率。对于超导发电机、超导变压器、超导电缆、超导储能线圈等电力工业未来的重要设备, 各国都在加紧研究中。一种新型的医用仪器——采用超导磁体的核磁共振成像仪, 我国早已研制成功。由于在工程规模的装置中使用的超导线材都是低温超导体, 必须配置微型冷冻机才能工作, 因此运行费用昂贵。为了研制较高临界温度的超导体, 世界各国都在投入较大力量, 相信不久的将来, 超导应用技术一定会开创一个崭新的科技时代。

1-2 库 仑 定 律

1785年法国科学家库仑根据实验结果, 指出了点电荷之间相互作用力的规律:



在真空中, 两个点电荷之间的相互作用力 F 的大小, 与两个点电荷的电荷量乘积 q_1q_2 成正比, 与它们之间的距离 r 的平方成反比。

这种规律称为库仑定律, 用公式表示为

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (1-1)$$

式中, q_1 和 q_2 的单位为 C; r 的单位为 m; F 的单位为 N; k 为比例常数, $k = 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ 。

电荷间的作用力叫做静电力, 又称为库仑力。

库仑定律只适用于静止的点电荷。所谓点电荷不一定是指很小的带电体, 也不一定要求其形规则均匀, 而只要两带电体之间的距离远大于带电体本身的尺寸, 就可以认为该带电体是点电荷, 即将电荷看作是集中在一个“点”上。点电荷的概念与力学中的质点、单摆的概念相类似, 也是一种理想化的模型。

式(1-1)仅在真空中适用。

通常, 还引入另一个常数 ϵ_0 , 它与 k 的关系是

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

这样, 真空中的库仑定律又可写成

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (1-2)$$

ϵ_0 称为真空介电系数 (或真空电容率), 是电学中的一个重要常数。其值为

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85 \times 10^{-12} [\text{C}^2 / (\text{N} \cdot \text{m}^2)]$$

式 (1-2) 是库仑定律的又一表示形式, 虽然式中多了“ 4π ”, 形式复杂些, 但在以后常用的电学公式中因不出现“ 4π ”而变得简单 (如具有某种对称性电场分布的计算)。



练习与思考

1-2-1 根据库仑定律, 当两点电荷之间的距离缩短一半时, 吸引力或排斥力如何变化?

1-2-2 根据库仑定律, 当两点电荷的电荷量都增加一倍时, 吸引力或排斥力如何变化?

1-3 电场和电场强度

一、电荷的电场

力是物体对物体的相互作用, 离开了物体, 力就不再存在。当我们用球拍击球时, 球拍必须接触到球, 方能给球以作用力, 同时球也给球拍以反作用力。但是, 两个电荷没有直接接触, 为什么相互有作用力呢? 英国科学家法拉第在 1832 年认为, 在电荷周围存在着电场, 电荷之间的作用力是通过电场来实现的。 q_1 和 q_2 两电荷相互产生作用力的原因是, q_1 周围的电场对处在其中的 q_2 产生作用力, 而 q_2 周围的电场也对处在其中的 q_1 产生作用力。电场看不见、摸不着, 人们不能直接感觉它的存在, 而现代科学研究表明, 电场具有质量、动量和能量, 也就是说, 电场具有物质的某些属性, 因此电场是一种特殊形态的物质。只要有电荷, 其周围就存在着电场, 静止电荷的周围存在的电场叫做静电场。电场对处于其中的电荷产生的作用力叫做电场力, 静电力也就是电场力。

二、电场强度

电场对电荷有作用力, 这是电场的基本特性, 可以利用这一特性来反映电场的强弱。

在电场中放入一个微小正电荷 q , 称为检验电荷, 可以观察到, 在电场的不同点, 检验电荷所受到的电场力可能不同, 力大的地方说明该点的电场强, 力小的地方说明该点的电场弱。在电场中的同一点, 电场力的大小还与检验电荷本身的电荷量 q 有关, q 大, 电场力也大, q 小, 电场力也小, 但检验电荷所受的电场力与其电荷量的比值为一恒量, 这个“比值”仅与该点的电场强弱有关, 而与检验电荷的电荷量无关, 因而可以用它来表明电场的强弱。我们定义:



电场中某点, 检验电荷 q 受到的电场力 F 与 q 的比值, 定义为该点的电场强度 E , 简称场强, 即

$$E = \frac{F}{q} \quad (1-3)$$

在 SI 单位中, 电场强度的单位是 N/C (牛/库)。

由于电场力是有方向的, 因而电场强度也是有方向的, 是一个矢量。规定:



电场强度的方向, 是正电荷在电场中所受电场力的方向或负电荷所受电场力的反方向。

在计算电场强度的大小时, F 和 q 均取绝对值。

【例 1-1】 在真空中有 q_1 和 q_2 两个点电荷, 相距 $r=20\text{cm}$, $q_1=5\times 10^{-9}\text{C}$, $q_2=-5\times 10^{-9}\text{C}$ 。求两个点电荷连线中点 P 的电场强度。

解 设在 P 点放置检验电荷 q , 则 q 受到 q_1 和 q_2 的电场力分别为 F_1 和 F_2 , 根据库仑定律

$$F_1 = k \frac{q_1 q}{(r/2)^2}, F_2 = k \frac{q_2 q}{(r/2)^2}$$

由于 F_1 和 F_2 的方向相同, 故 q 在 P 点所受的合力为

$$F = F_1 + F_2 = kq \frac{q_1 + q_2}{(r/2)^2}$$

根据电场强度的定义, P 点的电场强度

$$E = \frac{F}{q} = k \frac{q_1 + q_2}{(r/2)^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{5 \times 10^{-9} + 5 \times 10^{-9}}{0.1^2} = 9 \times 10^3 (\text{N/C})$$

E 的方向指向 q_2 。

三、电场线

为了形象地表示电场, 常采用电场线来描绘电场, 使电场的强弱和方向用图形表示出来。

(1) 电场线从正电荷出发到负电荷终止, 其间不中断, 不相交, 也不形成闭合曲线。

(2) 顺着电场线的方向, 电场线上每一点的切线方向都和该点的电场方向一致。

(3) 电场线的密与疏表示电场强度的大小。电场强度大的地方, 电场线画得密; 电场强度小的地方, 电场线画得疏。

电场线的形状可以通过实验观察, 如果把放有头发屑、丝线的蓖麻油置于电场中, 头发屑或丝线就会顺着电场的方向排列起来, 显示出电场线的图形。应用电场线的概念, 可以帮助我们理解异种电荷相吸和同种电荷相斥的现象。

图 1-1 画出了几种常见带电体周围电场的电场线。不同的带电体周围有不同的电场。

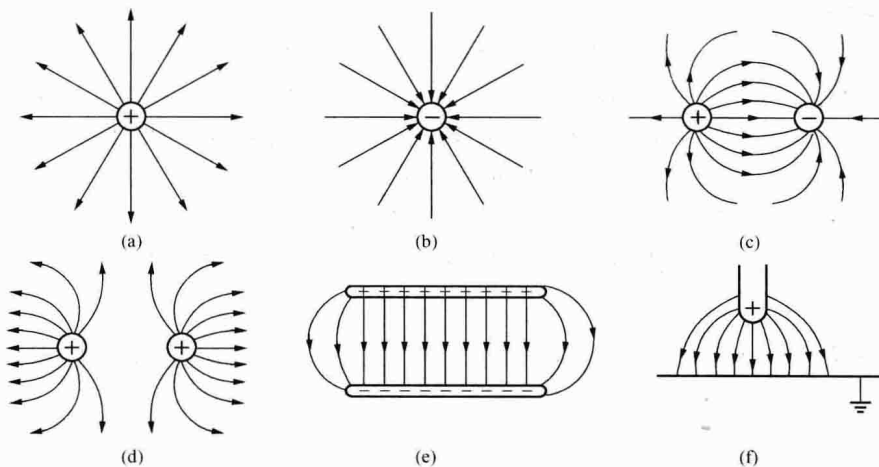


图 1-1 几种常见带电体的电场

(a)、(b) 正、负点电荷的电场; (c) 两个等量异种点电荷的电场; (d) 两个等量同种点电荷的电场;
(e) 两个带异种电荷的平行金属板间的电场; (f) 带正电直导线与大地之间的电场

电场中各点的电场强度的大小和方向都相同,称为均匀电场,否则为不均匀电场。

1-4 静 电 感 应

一、静电感应

把一个带正电荷的球 A 移近一个不带电的导体球 B 时,在带电球 A 的电场作用下,导体球 B 的自由电子会受吸引力而移动,结果在靠近 A 球的一面出现负电荷,另一面则出现正电荷,如图 1-2 (a) 所示。这种在电场作用下,导体发生正、负电荷分离的现象称为静电感应,所分离的电荷称为感应电荷。

如果此时把带电球 A 移走,导体球 B 上的正、负电荷会中和,又恢复到原来不带电的状态。但如果在移走带电球 A 之前,先将导体球 B 分成左右两半,那么这两个半球就各带等量而异种的电荷,如图 1-2 (b) 所示。这种利用静电感应而使导体带电的方法,称为感应起电。

二、静电屏蔽

把一块金属导体放入场强为 E 的均匀电场中,金属导体中的自由电子会沿电场的反方向移动,使导体两端出现正、负感应电荷,如图 1-3 (a) 所示。这些感应电荷要在导体内部产生一个附加电场,其方向与原来电场的方向相反,设其场强为 E' 。当 E' 小于 E 时,导体内部仍有电场,自由电子继续移动,导体两端的感应电荷继续增加。当 E' 增强至与 E 相等时,导体内的合场强等于零。也就是说,附加电场将原来电场完全抵消了。这时,导体中的自由电子不再移动,导体处在静电平衡状态。静电平衡的形成时间极短,是在一瞬间完成的。

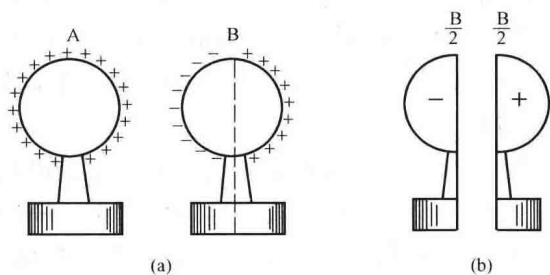


图 1-2 静电感应

(a) 静电感应现象; (b) 感应起电

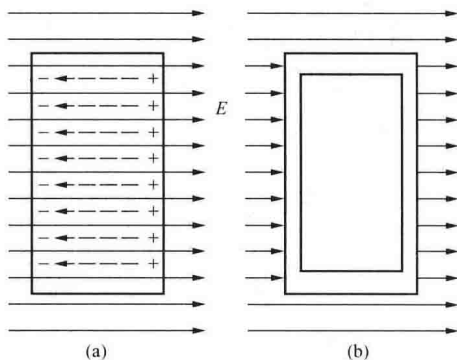


图 1-3 静电平衡和静电屏蔽

(a) 静电平衡现象; (b) 静电屏蔽



静电场中的导体,其内部的场强为零,自由电子不再移动,这种状态称为静电平衡。

如果把导体内部挖空,放在电场中,空腔内的电场强度仍然等于零,如图 1-3 (b) 所示。利用这种现象,可以制造金属屏蔽罩,罩内的物体不受罩外电场的影响,这称为静电屏蔽。如果在金属罩内放入一个带电体,并把金属罩接地,那么罩内壁出现与带电体异种的感应电荷,而罩外壁的感应电荷被大地的电荷中和,如图 1-4 所示。这样,罩外就没有电场。这就是说,接地的金属罩可以将罩内带电体的电场屏蔽住。

一个封闭的金属罩可以起到内外两种屏蔽作用。就是一个金属网罩也能起到足够的屏蔽

作用。三极管的管帽、电子器件的金属外罩、信号传输线的金属网套、屏蔽室的金属网架都是应用静电屏蔽的例子。

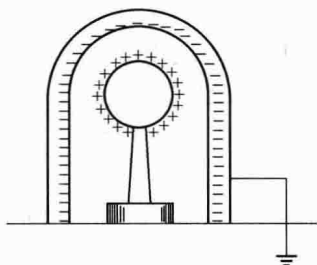


图 1-4 静电屏蔽

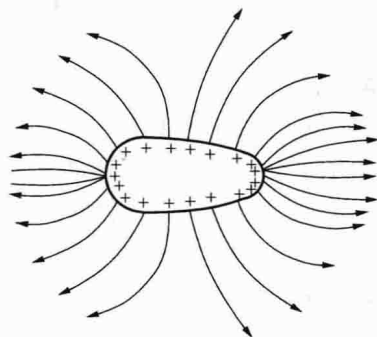


图 1-5 导体表面电荷分布

三、尖端放电

电荷在导体表面的分布并不一定是均匀的，它的分布取决于导体的形状。图 1-5 所示的一个孤立带电导体的表面上，在平直的地方，电荷密度小，附近的电场弱；在弯曲的地方，电荷密度大，附近的电场强；在导体的尖端，电荷密度最大，周围的电场也最强。由于空气中存在少量自由电子，在尖端很强电场的作用下，自由电子加速运动，当电场足够强时，高速运动的电子具有很大的动能，能在碰撞空气分子时把分子中的电子打出来，造成空气游离，这种现象称为尖端放电。

1. 电晕

在高压输电线路附近，常会听到“滋滋”响声，夜间还能看到蓝色微光，这就是所谓的“电晕”。它是高压导线周围或带电设备尖端的强电场引起的局部放电现象，它会伴随产生光、噪声、无线电干扰、导线振动、臭氧和其他生成物；同时，还产生电能损失，在雾天、雨天、雪天的电晕损失更大。电晕还是促使有机绝缘物老化的重要因素之一。

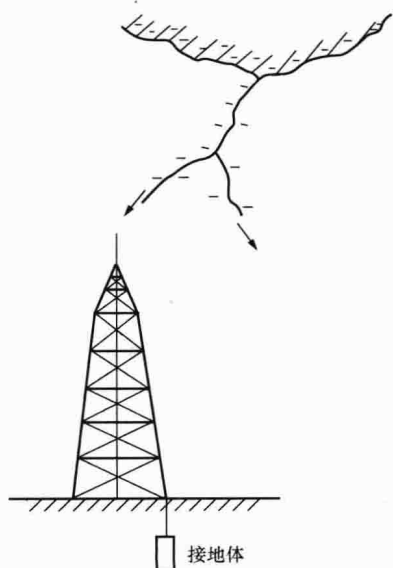


图 1-6 避雷针

为了消除电晕，可以改进电极的形状，增大电极的曲率半径；在新敷设的高压导线上出现的锈蚀、断股或闪络烧伤都应及时修复。导线上的毛刺最易产生电晕，但输电线路运行一段时间后，毛刺会被电晕的火花逐渐消蚀掉。电晕也有可利用的一面，当线路受雷击出现过电压波时，电晕可以削弱波的幅值和陡度；也可以利用电晕改善电场分布，制造除尘器等。

2. 避雷针

避雷针是利用尖端放电来吸引雷电而保护建筑物和电气设备的，如图 1-6 所示。避雷针的结构很简单，它由接闪器（避雷针针尖）、引下线及接地体三部分组成。

雷云与大地之间的闪电通常发生在雨云的负电荷区与地之间，负电荷下端的强电场使空气游离并产生电子

雪崩，在向下发展时形成树枝状的离子通道，在接近针尖时引发针尖放电，导致雷雨云与地之间“短路”放电，电荷泄向大地，雷电流在通道内产生高温高压，发出强烈闪光和响声。

自 检 题

- (1) 电荷的周围有_____，电场对处在其中的其他电荷有_____，这种力称_____。
- (2) 在电场中某点放入一检验电荷 q ，其所受电场力为 F ，则该点的电场强度 $E=$ _____。电场强度的大小与检验电荷的电量_____有关。电场强度的方向就是_____的方向。
- (3) 电场线用来描绘电场，电场线密的地方表示电场_____，疏的地方表示电场_____。带电导体的尖端部分，电荷积聚多，周围的电场强度最强，可能产生电晕放电，这种现象称为_____。
- (4) 将一块金属块置于静电场中，则金属面向电场方向的一侧会感应出_____电荷，另一侧将感应出_____电荷，金属内部的电场强度为_____。
- (5) 将一金属盒置于静电场中时，盒内的电场强度为_____；将一带电体用一接地的金属盒封闭后，盒外空间不受该带电体的影响，这一现象称为_____。

习 题

下列关于电场线的论述，哪几项是正确的？

- (1) 电场线可以是闭合的曲线。
- (2) 沿着电场线的方向，电场强度一定逐渐减小。
- (3) 均匀带电球周围的电场是均匀的。
- (4) 在同一电场中，不可能既有直线的电场线，又有曲线的电场线。
- (5) 越靠近正电荷电场线越密，越靠近负电荷电场线越疏。
- (6) 在不均匀电场中，电场线可能相交。
- (7) 电场线一定发自正电荷，终于负电荷。

第2章 电路的基本知识和基本定律

2-1 电路及电路图

简单地说,电路就是电流通过的路径。手电筒是最简单的一种电路,它由干电池、小电

珠、连接导体(金属筒体)和开关组成,如图2-1(a)所示。电路复杂时如网状,故电路也称电网络,简称网络。电路和网络这两个名词可以通用,两者没有严格的区别。

无论是简单电路还是复杂电路,都由三个基本部分组成。

(1) 电源。它是提供电能或信号的装置,如发电机、电池和各种信号源。

(2) 负荷,即用电设备。它将电能或电信号转变成非电形式的能量或信号。例如电炉将电能转变为热能,电动机将电能转变为机械能,电解槽将电能转变为化学能等。

(3) 连接导体。它用来传输电能和传递电信号。

此外,电路还有开关、仪表、变换器和保护装置等设备。

电路的作用主要有两个:一是用于电能的传输和转换,如电力电路;二是用于电信号的传递和处理,如电信电路或信号电路。

实际电路中有各种各样的电气装置和器件,称它们为实际电路元件,如发电机、变压器、电灯和电动机等,它们在通电时产生的电磁效应往往比较复杂。例如:灯泡在通过电流时,不仅要发热发光,还会产生微弱的磁场;电感线圈在通过电流时,不仅要产生磁场,线圈还会发热;电容器两端加上电压时,不仅在极板间产生电场,而且绝缘介质还会微微发热。由于实际电路元件中的各种电磁现象交织在一起,给分析电路问题带来很大的困难。通常解决问题的方法是,将实际电路元件理想化,就是只考虑其主要的电磁性质,而忽略次要的电磁性质,然后用一个理想电路元件或几个理想电路元件的组合来代替它。

理想电路元件只反映单一的电磁性质。理想的负荷元件有下面几种。

(1) 理想电阻元件。它只反映电能转换为其他能量(热能、机械能、化学能等)而消耗掉的性质,是个耗能元件。它的文字符号是 R ,图形符号如图2-2(a)所示。

(2) 理想电感元件。它只反映将电能转换为磁场能量并储存起来的性质,是个储能元件。它的文字符号为 L ,图形符号用3个以上半圆来表示,如图2-2(b)所示。

(3) 理想电容元件。它只反映将电能转换为电场能量并储存起来的性质,也是个储能元件。它的文字符号为 C ,图形符号如图2-2(c)所示。

这样,一个灯泡,如果忽略通电时产生的微弱磁场,便可以

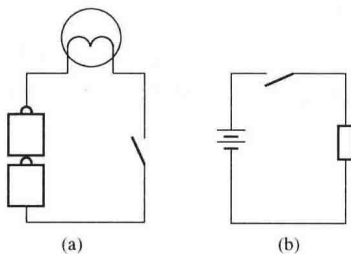


图2-1 手电筒电路

(a) 实物构成的电路; (b) 电路模型

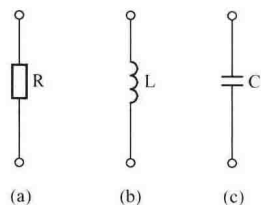


图2-2 理想电路元件

(a) 理想电阻元件的图形符号;

(b) 理想电感元件的图形符号;

(c) 理想电容元件的图形符号

用一个理想电阻元件来表示。一个电感线圈,如果忽略其导线电阻,便可以用一个理想电感元件来表示。一个电容器,如果忽略其介质损耗和泄漏电流,便可以用一个理想电容元件来表示。有时,一个实际电路元件需要用若干个理想电路元件的组合来表示。例如,一个交流铁芯线圈,当它的铁芯损耗(铁芯发热)和导线损耗需要计及时,就要用一个理想电阻元件和一个理想电感元件的组合来表示。对于传输线路,还要考虑线路间和线对地的部分电容等因素。

理想的电源元件有:理想电压源和理想电流源,以后要专门介绍。此外,还有理想导线。

实际电路元件用理想电路元件代替或表示后,一个实际电路便由一些理想电路元件连接而成,这种由理想电路元件组成的电路,称为实际电路的电路模型。手电筒的电路模型便如图2-1(b)所示。电路模型以图形符号表示时,也称为电路图。电路模型也可以用数学公式表示,称为数学模型。

电路模型不是电路原物,也不是原物的缩小(不是水电站模型的概念)而是实际电路理想化(或模型化)后的一种科学抽象,便于我们用数学手段来分析电路。我们今后分析的也是电路模型。电路模型在电路分析中应用得如此广泛,因而习惯上将电路模型简称为电路。

理想电路元件常简称电路元件,如理想电阻元件简称电阻元件,理想电感元件简称电感元件,理想电容元件简称电容元件。对于未指明性质的电路元件,在电路图上可以用小方框表示。图2-3中的各方框可能是电源元件,也可能是负荷元件。

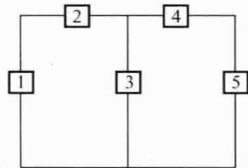


图2-3 用方框表示电路元件

下面介绍几个电路名词。

(1) 支路:是指电路中通过同一电流的分支。图2-3的电路共有3条支路。

(2) 节点:三条或三条以上支路的连接点称为节点。图2-3的电路共有2个节点。

(3) 回路:电路中的一个闭合路径称为回路。图2-3的电路共有3个回路。

(4) 网孔:没有被支路穿过的回路称为网孔。图2-3的电路共有2个网孔。



练习与思考

2-1-1 下列三者,属理想电路元件的是()。

(1) 电阻元件;(2) 电感线圈;(3) 电容器。

2-1-2 理想电路元件是指()。

(1) 优质电路器件。

(2) 反映单一电磁性质的抽象的电路元件。

(3) 价廉电路器件。

2-1-3 电路模型是指()。

(1) 将实际电路按比例缩小的实物。

(2) 木质或塑料制成的展览模型。

(3) 表征实际电路的由理想电路元件组成的电路。

2-2 电流、电压及其参考方向

一、电流

电流是电荷的定向运动形成的。

设有一电流流过导体, 若在时间 t 内穿过导体截面 S 的电荷为 q , 则通过导体的电流定义为

$$I = \frac{q}{t} \quad (2-1)$$

其数值等于单位时间内通过横截面的电荷量。

如果电流随时间而变化, 式 (2-1) 可改写为

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (2-2)$$

式中, dq 为在极短的时间 dt 内通过导体横截面的微小电荷量。

电流的单位是 A (安 [培])。1A (安) 就是每秒通过导体横截面的电荷量为 1C (库)。此外, 电流单位还常用 kA (千安)、mA (毫安) 和 μA (微安) 等表示。它们与 A (安) 的关系是

$$1\text{kA} = 10^3\text{A}, 1\text{mA} = 10^{-3}\text{A}, 1\mu\text{A} = 10^{-6}\text{A}$$

电流是有方向的, 习惯上规定正电荷运动的方向为电流的方向, 这个方向也称为电流的实际方向。

在金属导体中, 电流是由自由电子的运动形成的, 所以电流的方向是电子流的反方向。

在电解液中, 正离子朝一个方向移动, 而负离子朝另一个方向移动, 电流的方向是正离子移动的方向, 或负离子移动的反方向。

在电子管中, 电子从阴极发射到阳极, 电流的方向则从阳极到阴极。

【例 2-1】 在电解液中, 在 2s (秒) 内有 8C (库) 正电荷从 b 电极流向 a 电极, 同时有 8C (库) 负电荷从 a 电极流向 b 电极, 求电解液中的电流及其方向。

解 负电荷从 a 电极流向 b 电极的效果, 与正电荷从 b 电极流向 a 电极的效果是一样的, 所以根据式 (2-1) 得

$$I = \frac{q}{t} = \frac{8+8}{2} = 8(\text{A})$$

在电解液中, 电流的方向是从 b 电极流向 a 电极。

在电路分析中, 支路电流的方向有时经常改变, 有时难以判断。为了解决这个问题, 引入参考方向 (正方向) 的概念。

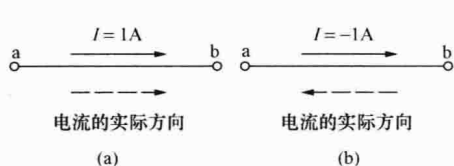


图 2-4 电流的参考方向

(a) 实际方向与参考方向一致;

(b) 实际方向与参考方向相反

若在一支路中, 有 1A 电流从 a 流向 b, 可以在该支路上标上一个箭头, 箭头方向由 a 指向 b, 并注上 $I=1\text{A}$, 如图 2-4 (a) 所示。假若这个电流的方向改变了, 从 b 流向 a, 当然可以把箭头的方向也改过来, 由 b 指向 a。但是, 也可以不改变箭头的方向, 而将电流的数量记为负值, 即 $I=-1\text{A}$, 如图 2-4 (b) 所示。